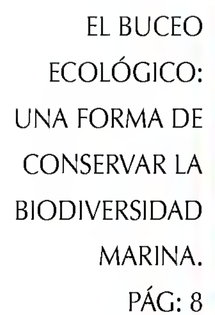
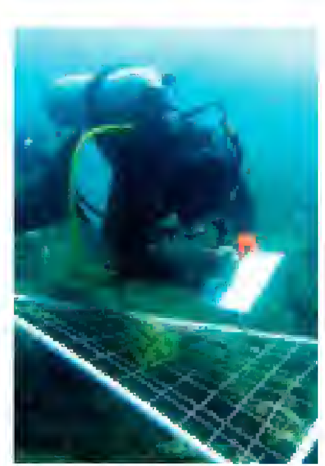




EL BUCEO ECOLÓGICO: UNA FORMA DE CONSERVAR LA BIODIVERSIDAD MARINA.
PÁG: 8



ECOSISTEMAS EN TRANSFORMACIÓN: DEL PAISAJE A LOS GENES.
PÁG: 12



NÚM. 126 MAYO-JUNIO DE 2016

ISSN: 1870-1760

BioDIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOC... ERSIDAD

EL CÓNDOR DE CALIFORNIA

El cóndor de California (*Gymnogyps californianus*), al igual que otras especies de aves como el carpintero imperial (*Campephilus imperialis*), la paloma de la Isla Socorro (*Zenaida graysoni*), el caracara de la Isla Guadalupe (*Caracara lutosa*), y mamíferos como el oso pardo (*Ursus arctos horribilis*), el lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) y la foca monja del Caribe (*Monachus tropicalis*), desaparecieron de los lugares donde habitaban en el territorio mexicano. Las causas son variadas, pero todas ellas están relacionadas con las actividades de la población humana realizadas en los lugares donde solían vivir estas especies. Muchas especies más, terrestres y marinas, están en peligro de desaparecer.

EL CÓNDOR DE CALIFORNIA

a trece años de su reintroducción en México

JUAN J. VARGAS VELAZCO*,
MARÍA CATALINA PORRAS PEÑA*,
MOHAMED M. SAAD LUNA*

El cóndor de California es un ave que se extinguió en México alrededor de los años cuarenta del siglo pasado. Después de muchas gestiones, años de espera y con un acuerdo binacional entre México y Estados Unidos de América (EUA), a partir de 2002 fue posible volver a observar cóndores volando en nuestro país. Se le considera como el ave voladora más grande de Norteamérica: pesa hasta 11 kg y mide hasta poco más de tres metros con las alas extendidas. Como todos los buitres, son carroñeros y no cazan su alimento, su dieta se basa principalmente en mamíferos muertos. Su función en el ecosistema consiste en detener la diseminación de enfermedades causadas por los cadáveres en descomposición. Su sistema inmunológico evita que muera por enfermedades que sí afectan a otras especies. Su taza de reproducción es lenta, pues llegan a poner un huevo cada dos años. Es una especie muy longeva –se estima puede llegar a vivir alrededor de 60 años– y monógama, turnándose ambos padres en la incubación del huevo, que tarda aproximadamente 57 días en eclosionar, y el cuidado del polluelo, que abandona el nido después de cerca de seis meses. Una vez que sale del nido los padres lo cuidan y alimentan por al menos un año más.

El cóndor de California pertenece a una de las siete especies de los llamados buitres del Nuevo Mundo. Al igual que éstos, los cóndores realizan la urohidrosis, lo que significa que defecan sobre sus patas para poder regular la temperatura corporal en época de calor.[1] Otra característica que comparten es que no construyen nidos ya que sus patas no son prensiles. Anida principalmente en cavidades de paredes rocosas, y deposita el huevo directamente en el sustrato de la cavidad.[2] Este tipo de conducta y otras adaptaciones morfológicas, como estudios genéticos recientes, han llevado al debate de incluir a los buitres del Nuevo Mundo dentro del orden Ciconiiformes, mismo al que pertenecen las cigüeñas.[3] El cóndor es una especie catalogada en peligro de extinción según la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010. Su rango histórico en 1800 abarcaba la costa oeste desde el sur de Canadá hasta la parte norte de Baja California.

El programa de recuperación de la especie definido por el Equipo de Recuperación del Cóndor (CRT, por sus siglas en inglés) señala en sus objetivos la liberación de cóndores nacidos en cautiverio en los sitios conocidos como parte de su rango histórico, que incluye el estado de Baja California. Por lo tanto, el sitio de reintroducción elegido fue el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir (PNSSPM) en Baja California, por ser un área natural protegida.

México recibe cóndores seleccionados –provenientes ya sea del zoológico de Los Ángeles, del San Diego Zoo Safari Park, del Centro de Aves de Presa del Peregrine Fund en Boise, Idaho, o del Zoológico de Oregon– de acuerdo con su genética para asegurar una población sana. Éstos nacieron en incubadoras y fueron criados artificialmente a mano con títeres similares a un adulto en los zoológicos de San Diego y Los Ángeles. Una vez que culmina el periodo de cuarentena requerido por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)

El macho adulto SB#362 sobrevuela uno de los cañones de la Sierra de San Pedro Mártir.
Foto: © Catalina Porras

y su periodo de adaptación en el sitio de liberación, a los cóndores se les colocan en las alas etiquetas de identificación y radiotransmisores para que puedan ser monitoreados en el medio silvestre. Se utilizan radios de alta frecuencia (VHF, por sus siglas en inglés) en una de sus alas, para detectar en tiempo real la dirección de su ubicación. En la otra ala se instala un transmisor satelital con sistema ARGOS y sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés). Se utilizan hasta cuatro diferentes transmisores satelitales y con el avance de la tecnología se seguirán probando nuevos sistemas de localización. El uso de los radiotransmisores permite ubicar los sitios de alimentación en el medio silvestre, sus dormideros, territorios de anidación, rangos de distribución, etc. La geografía del terreno es un reto para los biólogos en campo. Sin esta tecnología sería mucho más difícil hacer el seguimiento del programa.

Gracias a estas herramientas se detectó en abril de 2007 a una hembra juvenil que voló hacia California y cruzó la frontera de EUA para dormir una noche en el Parque Estatal Anza Borrego y luego regresar a su sitio de liberación en México. El viaje duró cinco días

Las montañas de la Sierra de San Pedro Mártir han sido el escenario para el restablecimiento de la población del cóndor de California.

Foto: © Catalina Porras



Juan Vargas rastrea cóndores desde el desierto de Baja California mediante radiotelemetría.

Foto: © Mohamed Saad

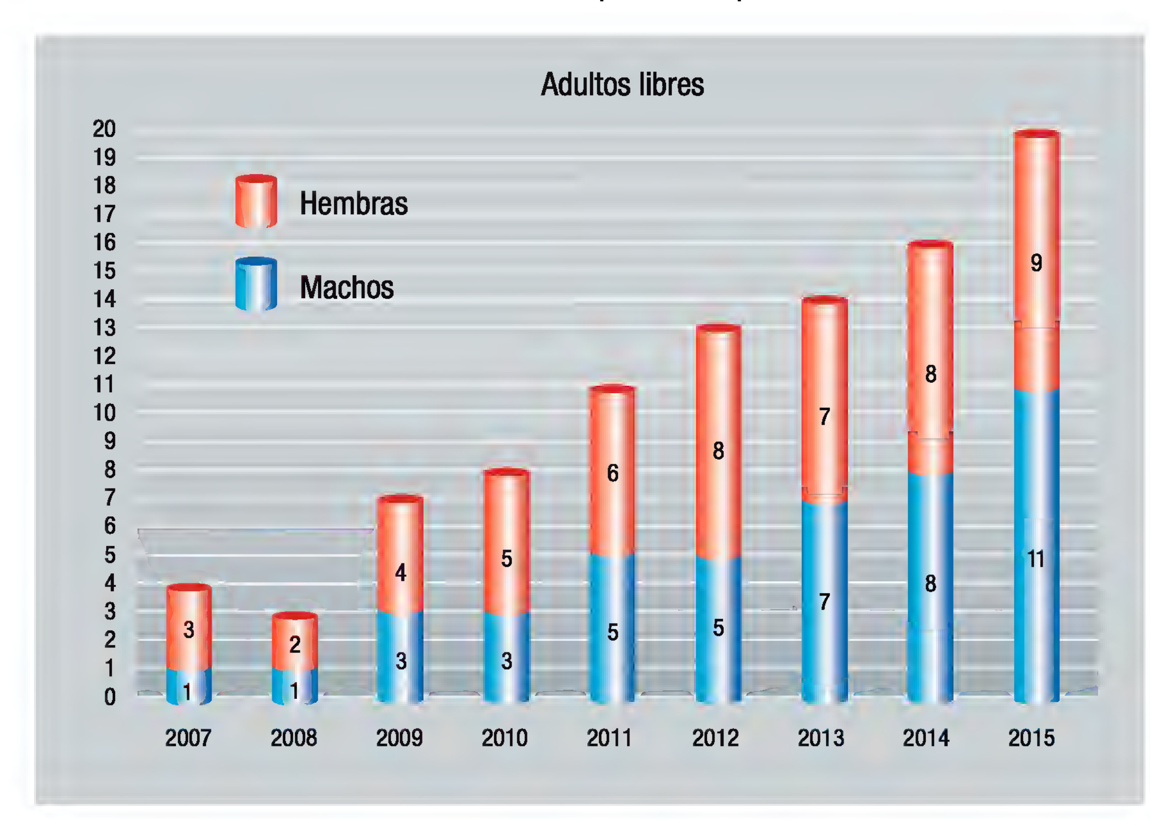


Juan Vargas y Jessica Trujillo recorren la sierra durante las actividades diarias del seguimiento de los cóndores.

Foto: © Catalina Porras

desde su partida hacia el norte y su regreso a la Sierra de San Pedro Mártir. Se piensa que en el futuro la población de cóndores en California podría unirse a la de Baja California.

Todos los cóndores se liberan siendo juveniles, cuando tienen uno o dos años de vida. Alcanzan la edad adulta cerca de los seis años. Por ello fue necesario esperar hasta 2007 para que se formara la primera pareja reproductora. No necesariamente al alcanzar la madurez sexual eligen pareja, ni tampoco es una certeza que en el primer intento de anidación tengan éxito reproductivo. Se tenían sólo dos parejas en 2010 y con el aumento en el número de adultos en los siguientes años se incrementó hasta seis parejas en 2015. En la actualidad ya se tienen suficientes hembras y machos adultos para formar nueve parejas; no obstante, la competencia entre ellos para definir y establecerse como parejas toma su tiempo. Es notable que aún a los 40 años pueden seguir reproduciéndose.



A lo largo del programa, en México y EUA se han ido detectando las amenazas y posibles causas de la rápida disminución de la especie. Un estudio reciente ha comprobado que 70% de las muertes de cóndores tiene orígenes antropogénicos, es decir, relacionadas con las actividades del ser humano,[4] entre ellas el envenenamiento por plomo (Pb). La intoxicación con plomo es un problema que afecta tanto a los animales como a los humanos. La principal fuente son las balas y municiones que ingieren al alimentarse de animales muertos. Debido a esto se implementó un protocolo que consiste en la captura de los cóndores que ya se encuentran libres durante dos temporadas al año. Una vez atrapados se les hace un examen de salud y se les toma una muestra de sangre para ser analizada y conocer los niveles de plomo. Se determinó que aquellos que presenten un valor por encima de los 30 μg/dl de plomo en sangre se les retiene para darles un tratamiento que les ayuda a eliminar este metal de su organismo. Una vez que el nivel disminuye al rango

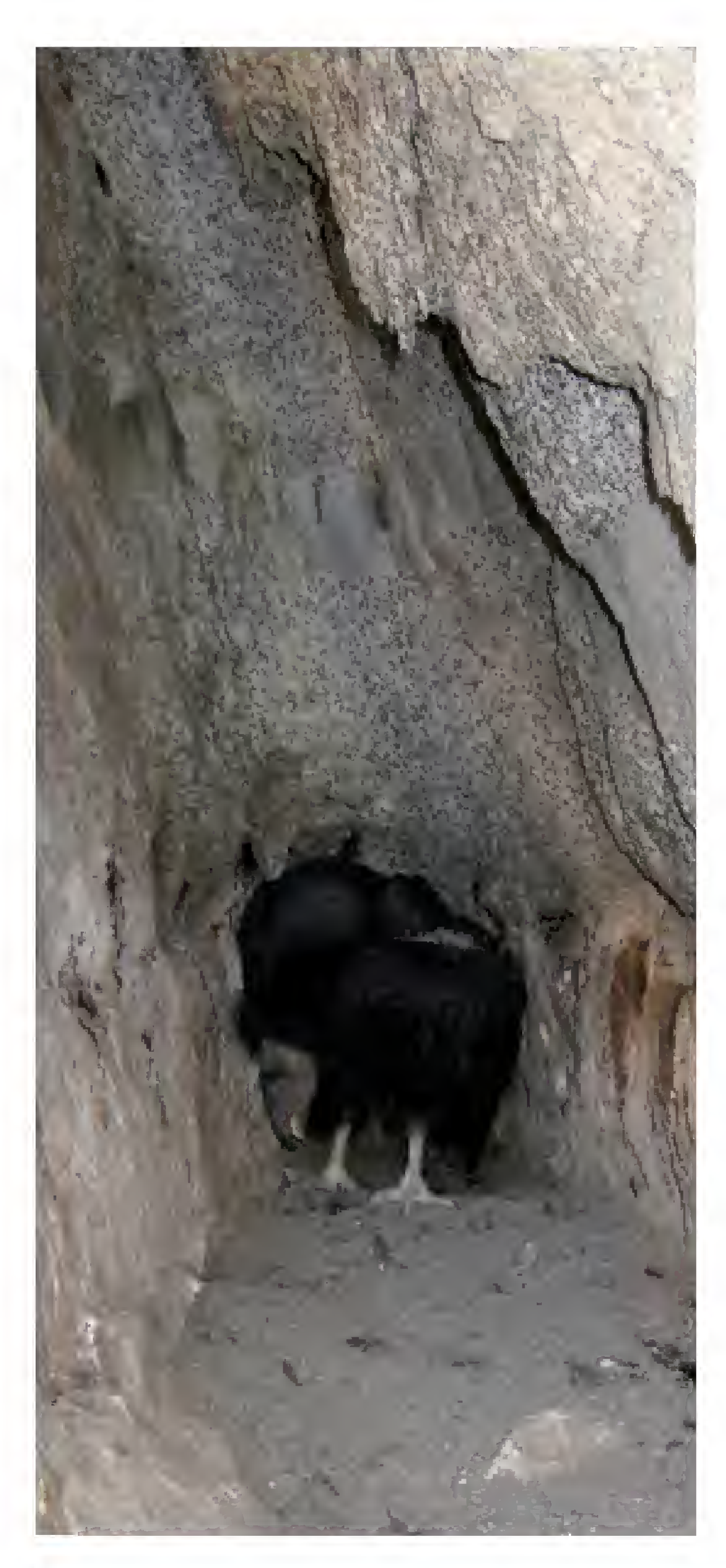
permitido se les libera. Esta oportunidad es aprovechada para cambiarles aquellos transmisores que han dejado de funcionar y las etiquetas de identificación que se encuentran dañadas.

La basura al aire libre es un problema grave para la vida silvestre. Mucha de esta basura es ingerida por los cóndores porque la confunden con alimento, lo que los conduce a la muerte. Ésta es una de las causas de defunción detectadas en los polluelos nacidos en libertad en EUA. Es importante vigilar la adecuada disposición y buen manejo de la basura, ya que de lo contrario afecta a la vida silvestre.

Con el propósito de reducir el efecto invernadero causado por el uso de combustibles fósiles, existe una presión internacional por la adopción de la producción de energía por medio de turbinas eólicas en el país. Baja California no es la excepción, sin embargo esto implica una amenaza para las aves y murciélagos que se desplazan en esas áreas, principalmente en temporada de migración. Este impacto es ya conocido en países desarrollados, donde este tipo de generación de energía se ha estado utilizando desde la década de los noventa. Esto provocó el interés de crear tecnología, que se encuentra ya disponible, para disminuir esta amenaza. Está en las autoridades el derecho a exigir a las compañías que implementen estas medidas preventivas. Así como este problema, está el de las colisiones y electrocuciones en tendidos eléctricos, y de igual manera existen medidas preventivas que se deben exigir e implementar.

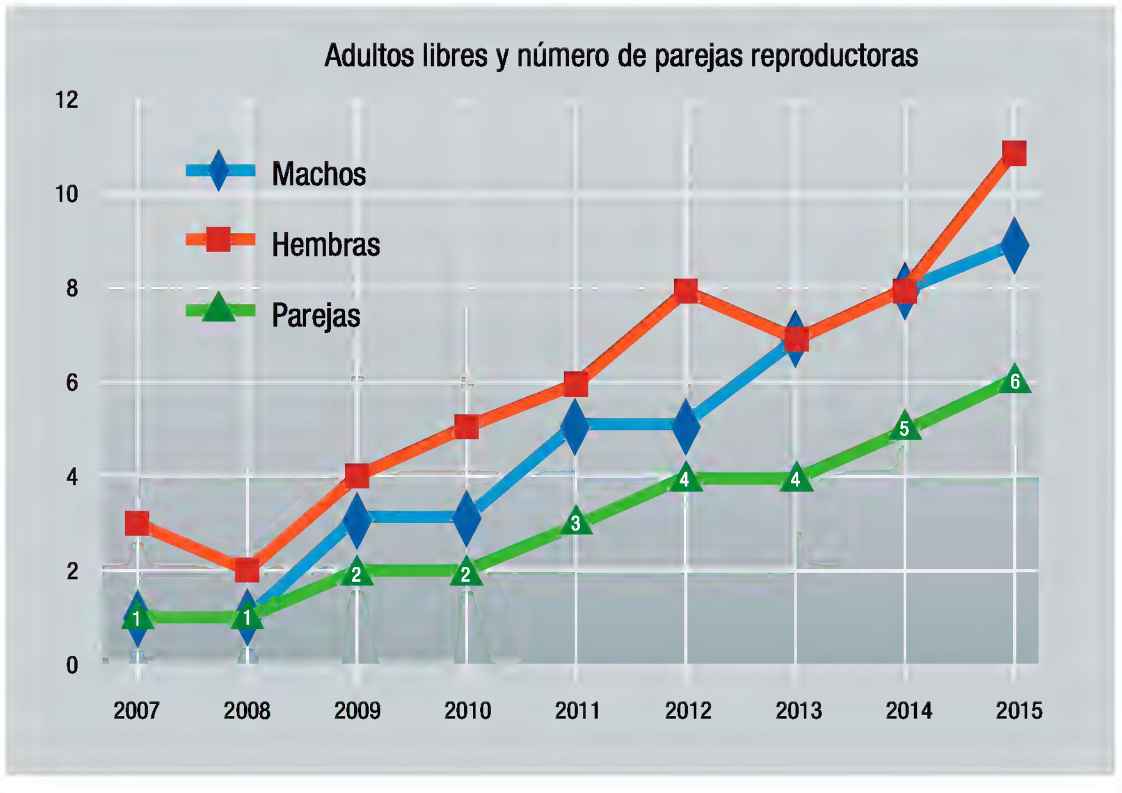
Los primeros años del programa, de 2002 a 2009, los biólogos tuvieron que vivir en situaciones poco adecuadas. Durante el año, sólo cuatro meses son favorables para la construcción; y aunque en 2008 se inició la edificación de la estación de campo, no estuvo en condiciones para ser habitada sino hasta finales de 2010. Una fuerte nevada en el invierno de 2009-2010 los obligó a mudarse a la estación aunque aún no se encontraba terminada. En 2012 se comenzó la construcción de una clínica y un nuevo aviario de manejo que cuenta con seis encierros y un anexo para facilitar el trabajo con los cóndores que son capturados. Este nuevo aviario es necesario, ya que la población adulta ha ido en aumento. Las parejas reproductoras se vuelven territoriales y agresivas durante la época de apareamiento y anidación, por lo que no es aconsejable mantener juntos adultos y juveniles en un espacio confinado. Los encierros sirven para separar adultos de juveniles y en caso de necesitar tratamiento médico se facilita su manejo.

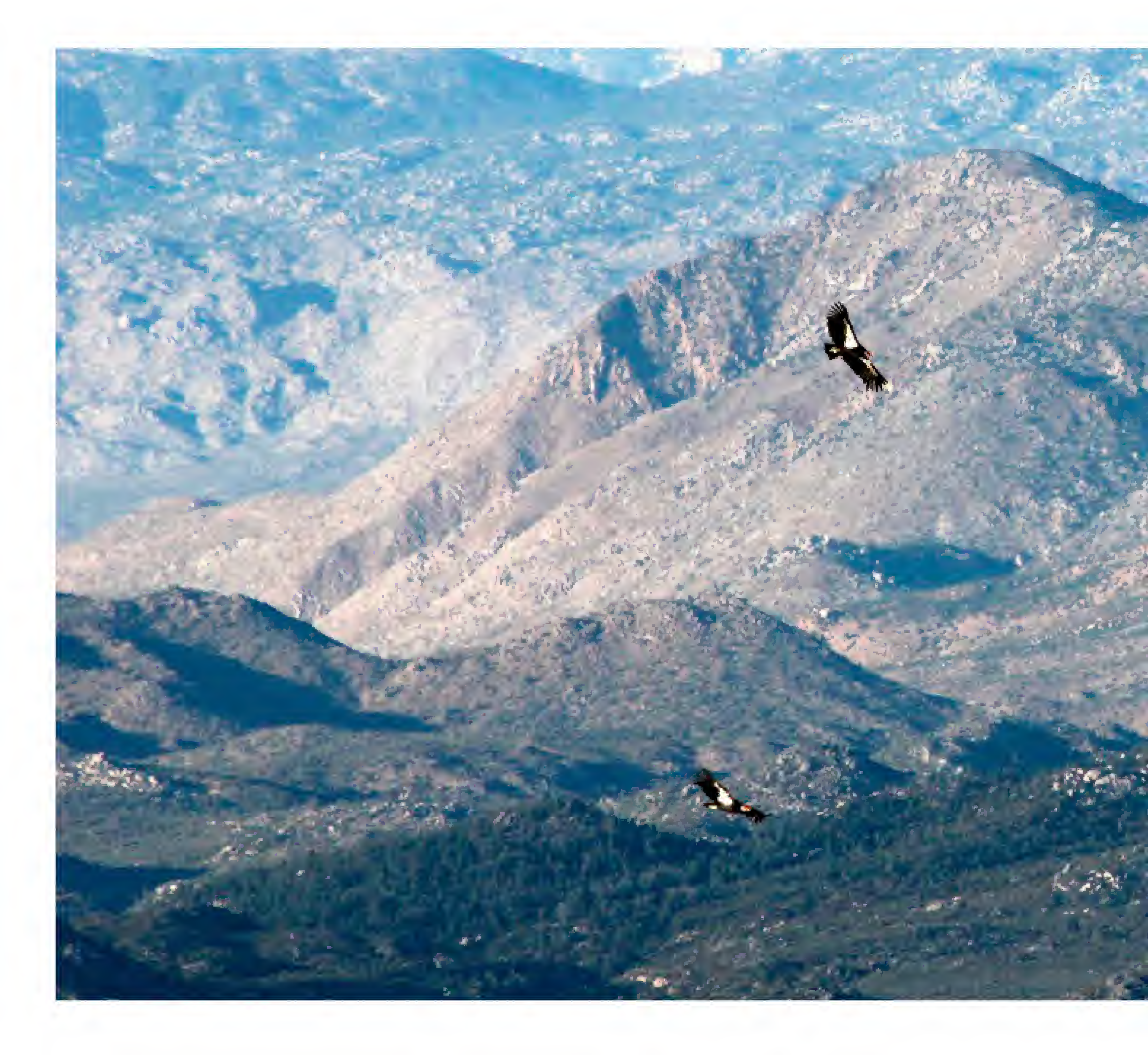
Este programa ha sido posible gracias al financiamiento de instituciones estadounidenses —la Sociedad Zoológica de San Diego (ahora conocida como San Diego Zoo Global), el Servicio de Pesca y Vida



El polluelo SB#781dentro del nido; fue uno de los primeros en nacer en vida silvestre.

Foto: © Juan Vargas





Los cóndores son aves que viven en grupo y utilizan las corrientes térmicas para planear y desplazarse.

Foto: © Catalina Porras

Silvestre de Estados Unidos (USFWS, por sus siglas en inglés)— y mexicanas —el Instituto Nacional de Ecología (INE), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

El estado de Baja California cuenta ya con 35 cóndores, de los cuales 31 fueron liberados, tres nacieron en la SSPM (dos en 2012 y uno en 2015) y otro vive en el aviario de aclimatación que sirve de mentor para los cóndores que son importados de EUA. Considerando que los cóndores liberados en México no tuvieron de quién aprender, el primer logro fue que hallaran los sitios de alimentación suplementaria en su primera etapa de adaptación al medio silvestre. Después, que encontraran alimento y fuentes de agua natural en las montañas en donde ahora habitan. Posteriormente que localizaran sitios de anidación ideales para su reproducción y que llevaran a término el periodo de incubación. Por último y el mayor de los éxitos, que cuidaran del polluelo hasta convertirse en juvenil. Los primeros dos cóndores nacidos en libertad en 2012 han logrado sobrevivir hasta los tres años de edad y se espera que inicien una nueva generación salvaje.

Página siguiente: Cóndor de California adulto.

Foto: © Juan Vargas

Agradecimientos

Este artículo fue elaborado dentro del marco del proyecto "Conservación y manejo de la población de cóndor de California en la temporada 2015", apoyado por el Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) y operado por Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable, A.C.



Bibliografía

[1] Kahl, M. P. 1963. "Thermoregulation in the Wood Stork with Special Reference to the role of Legs", *Physiological Zoology* 36: 141-151.

[2] Snyder, N. & Snyder, H. 2000. *The California Condor: A Saga of Natural History and Conservation*. San Diego, Academic Press.

[3] Alderfer, J. 2009, *Complete Birds of the World*. Washington, National Geographic.

[4] Rideout, B. A. *et al*. 2012. "Patterns of mortality in free-ranging California condors (*Gymnogyps californianus*)", *Journal of Wildlife* 48(1): 95-112.

* Institute for Conservation Research, San Diego Zoo Global, Estados Unidos / Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir, México; ecocondor@gmail.com

EL BUCEO ECOLÓGICO:

una forma de conservar la biodiversidad marina



ANA K. BARRAGÁN ZEPEDA Y CRISTIAN M. GALVÁN VILLA*





La presencia de especies carismáticas, como los tiburones, se utiliza a menudo para atraer la atención hacia un sitio turístico, ya que gozan de la simpatía de los visitantes.



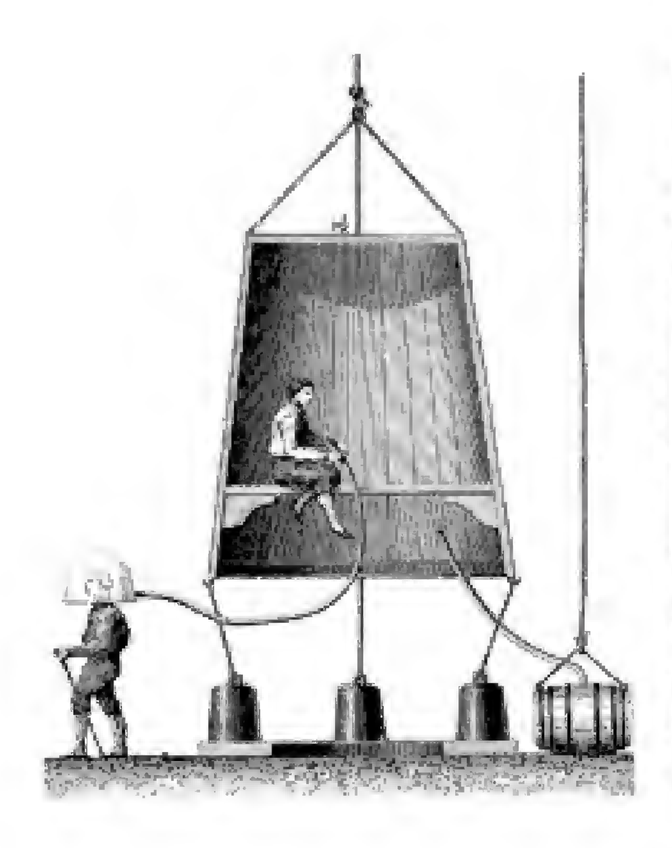
Este relieve asirio del año 885 a. C. es la primera representación gráfica del hombre realizando buceo.

Imagen tomada de J. Ivars-Perelló y T. Rodríguez-Cuevas, *Historia del buceo, su desarrollo en España*. Murcia, Mediterránea,1988.

El buceo es un deporte que busca conocer la riqueza natural que se encuentra en los mares y ofrece oportunidades ilimitadas para explorar, descubrir, educar y tener nuevas experiencias. No sólo permite el desarrollo de una forma alternativa de turismo con diferentes propuestas de lanzamiento, adaptación, mejora o distinción de destinos turísticos, sino que también está relacionado directamente con la generación de nuevos conocimientos y la difusión de resultados de proyectos de investigación científica.

Breve historia del buceo

El nacimiento del buceo es algo incierto. El registro más antiguo que se tiene es un relieve asirio del año 885 a. C., donde se ve la imagen de un hombre buceando con una especie de equipo que le permite respirar bajo el agua. El buceo propiamente dicho nació por razones militares. Alejandro Magno empleó buzos con el fin de sacar objetos que habían sido hundidos por sus enemigos para obstaculizar su paso por el puerto de Tiro, del cual se apoderó en 332 a. C. Diversos documentos atestiguan que durante el siglo I a. C. existía una floreciente industria de recuperación de objetos hundidos en los principales puertos del Mediterráneo. En este periodo el buceo se realizaba conteniendo la respiración







y utilizando piedras planas como contrapeso para descender.[1] En el año 1715, el británico John Lethbridge diseñó un "barril de aire" forrado de cuero en cuyo interior iba un buzo; contaba con una ventanilla de vidrio y dos aberturas con mangas impermeables para los brazos que permitían al buzo trabajar bajo el agua. Este equipo tuvo un éxito sorprendente al permitir trabajar hasta 18 m de profundidad por 34 minutos; sin embargo, carecía de maniobrabilidad y aportar aire fresco de forma continua era imposible. La recuperación de objetos de naufragios era un negocio lucrativo que resultó ser un gran incentivo para la invención de técnicas y equipos de buceo nuevos. En 1828, los hermanos John y Charles Deane patentaron el "traje de buzo Deane" que consistía en un traje pesado para proteger del frío y un casco emplomado que descansaba sobre los hombros del buzo; este último se unía mediante una manguera a una bomba de aire situada en la superficie. Hacia 1840, el alemán Augustus Siebe creó un traje impermeable de cuerpo entero, conocido como "traje de buzo de Siebe", que es el precursor directo de los actuales.

Aparición del equipo autónomo de respiración bajo el agua (SCUBA)

El deseo de cortar la manguera que unía al buzo con el aporte de aire en la superficie era muy fuerte, por lo que en cuestión de tiempo se desarrollaron los componentes necesarios para crear el sistema de buceo autónomo. En 1886 Benoît Rouquayrol patentó el primer regulador, adaptado más tarde para su empleo en los equipos autónomos. Durante la Segunda Guerra Mundial, el capitán Jacques-Yves Cousteau y Émile Gagnan inventaron el primer sistema autónomo de circuito abierto seguro y eficaz. Además, crearon la primera escafandra autónoma, que Cousteau empleó para descender hasta 60 m.

Como resultado de la comodidad y la facilidad de buceo que ofrecen los equipos de circuito abierto, el buceo recreativo se ha convertido en uno de los deportes más populares en todo el mundo. También ha posibilitado a los geólogos, biólogos y arqueólogos submarinos explorar y sacar a la luz algunos de los muchos misterios que guarda el mar.

Clasificación del buceo

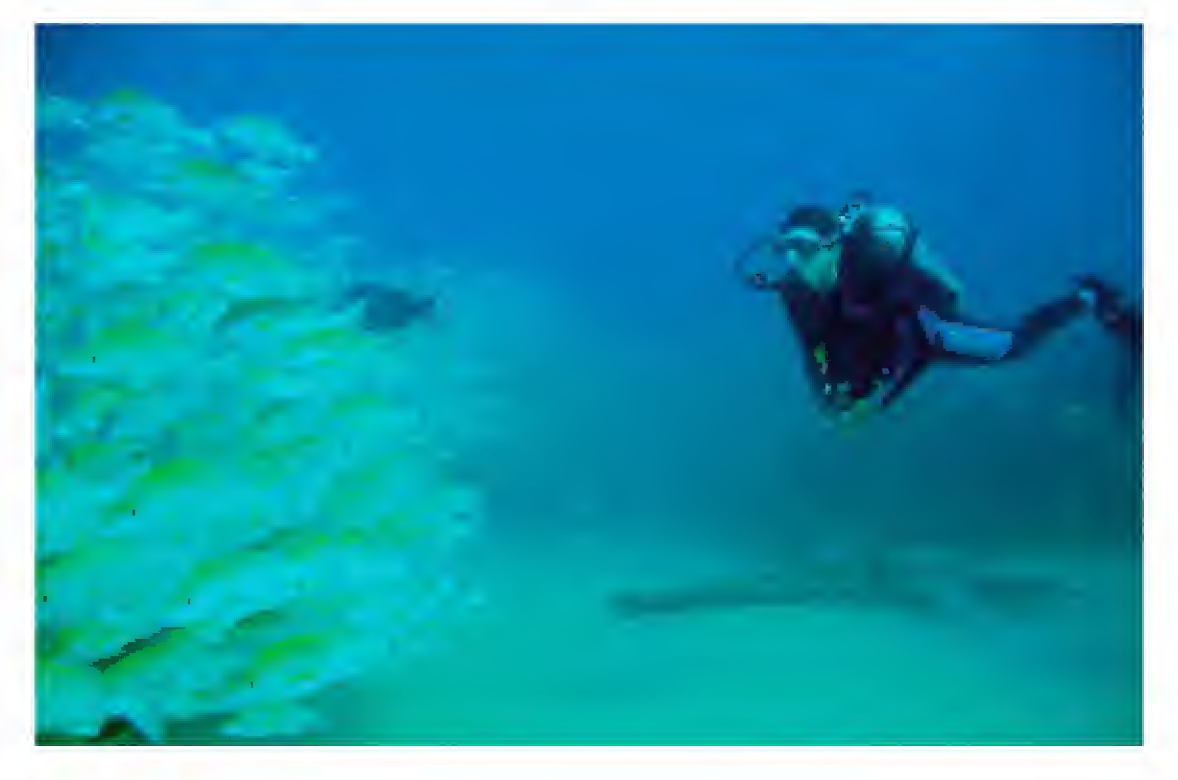
Actualmente, el buceo es un sector de la actividad turística con gran desarrollo a nivel mundial (20% de crecimiento anual).[2] Su importancia económica es relevante no sólo para los destinos que cuentan con arrecifes de coral, sino para los agentes económicos que integran el mercado del buceo. Su práctica se puede especializar teniendo en cuenta la técnica utilizada en buceo clásico, autónomo (SCUBA), semiautónomo y libre. Esta categorización se basa en la diferencia de las circunstancias que enfrenta el buzo que practica la inmersión y, por tanto, en las especificaciones técnicas en materia de equipo y seguridad. El buceo también puede clasificarse según la finalidad para la que se realiza: buceo deportivo, militar, técnico y científico. El primero se deriva de una acti-

La simplificación de los equipos de buceo a través del tiempo ha permitido que sea una actividad más accesible para la mayoría de las personas.

En la imagen de la derecha Jacques Cousteau y Emile Gagnan que inventaron el *Aqualung*.

Por medio de la observación se hace uso pasivo de los recursos marinos, para incentivar la conservación del ambiente por parte de las comunidades locales y hacer conciencia en los turistas sobre la importancia de protegerlos.

Foto: © Arturo Ayala Bocos



El buceo ecológico en AMP integra a la sociedad humana como pieza inseparable en el funcionamiento de los ecosistemas marinos con el fin de restaurar y mantener la productividad de los océanos.

Foto: © Octavio Aburto

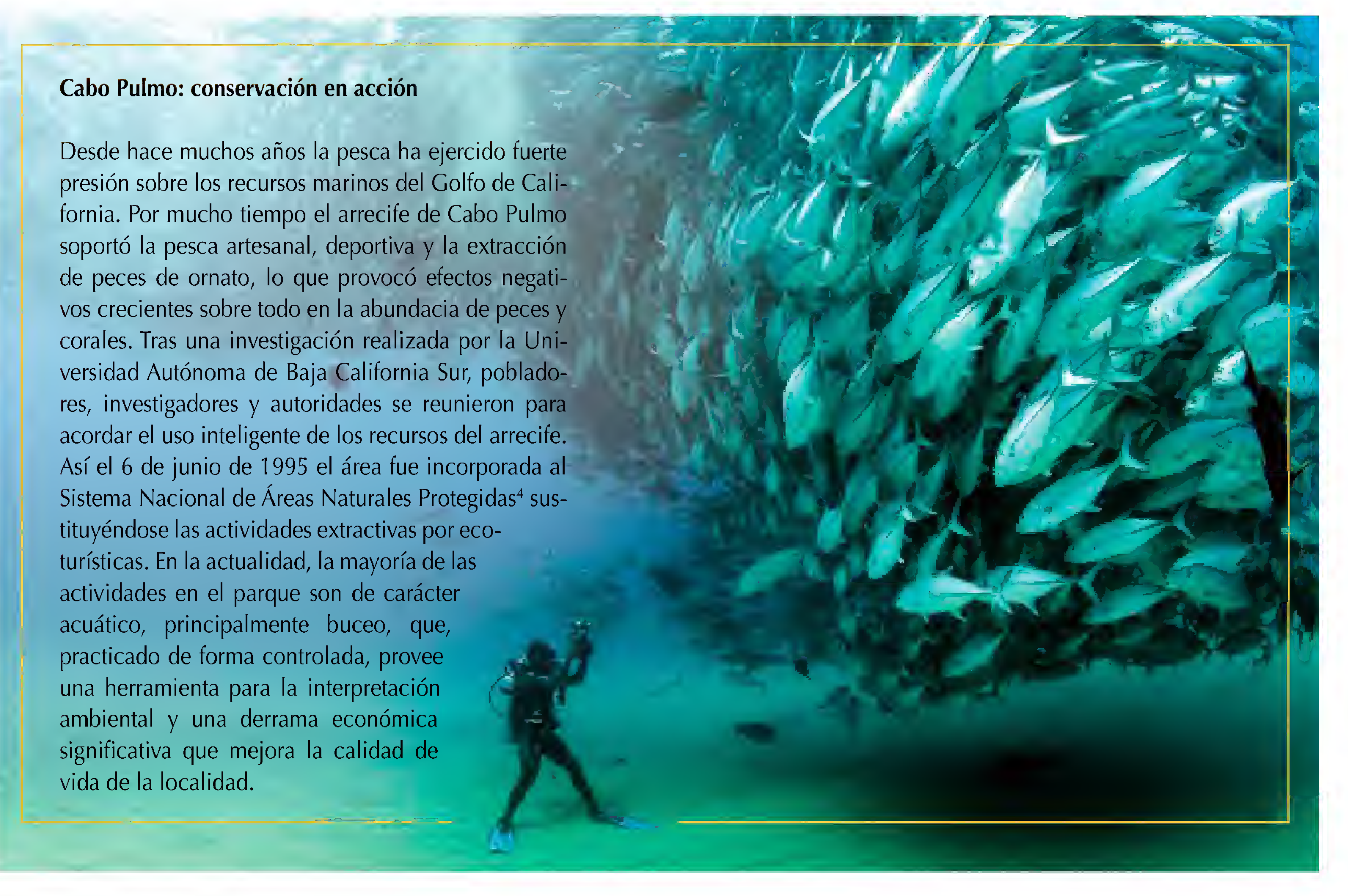
vidad lúdica, de competición o recreo. El buceo militar es desarrollado por miembros del ejército y tiene como fin el cumplimiento de misiones castrenses. El buceo técnico tiene como propósito desarrollar actividades operativas en el marco del sector industrial como el servicio y mantenimiento de plataformas petroleras o embarcaciones. Y por último, el buceo científico tiene por objeto realizar una investigación, prueba, colecta de muestras, datos o algún tipo de información técnica o científica.[3]

Derivada de una combinación del buceo recreativo y científico se puede considerar otra modalidad llamada buceo ecológico, que tiene como fin el disfrute de la naturaleza a través del conocimiento de la flora y fauna de los ecosistemas marinos, las relaciones que guardan entre sí y con el entorno que los rodea, incluyendo su comportamiento, con el apoyo de material informativo originado a partir de trabajos de investigación científica. Con esto se busca garantizar la conservación y sostenibilidad de los sitios donde se practica el buceo, principalmente en áreas protegidas. Algunas buenas prácticas relacionadas con el buceo ecológico, al igual que con el recreativo, incluyen no alimentar ni molestar a los organismos, no tirar basura al mar, evitar tomar "recuerdos", mantener las mangueras y accesorios sujetos al equipo, entre otras.

El buceo ecológico y las herramientas de conservación en AMP

El establecimiento de Áreas Marinas Protegidas (AMP) surge como una opción sólida ante el evidente agotamiento de los recursos marinos y éstas son un componente clave para el diseño de sistemas productivos sustentables. En México, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) administra 176 áreas de carácter federal que representan más de 12% del territorio nacional. Sin embargo, sólo 58 tienen un componente marino o costero, y únicamente 27 conservan bajo su jurisdicción la zona submareal.[4] Debido a que la extensión marina bajo protección es limitada, resulta indispensable crear un programa de turismo que se enfoque en desarrollar y aplicar instrumentos de planeación y monitoreo, e implementar infraestructura para ofrecer servicios de apoyo a los turistas. También es necesario que se fomente la participación social, académica y de investigación.[5]

Entre las distintas herramientas para la conservación de la naturaleza, el uso de senderos en áreas naturales protegidas contribuye a sentar las bases para la educación ambiental y dar un mayor conocimiento del lugar que se visita con un menor impacto en el ambiente. En el caso de los senderos submarinos deben ser guiados por prestadores de servicios que co-



Cabo Pulmo: conservación en acción

Desde hace muchos años la pesca ha ejercido fuerte presión sobre los recursos marinos del Golfo de California. Por mucho tiempo el arrecife de Cabo Pulmo soportó la pesca artesanal, deportiva y la extracción de peces de ornato, lo que provocó efectos negativos crecientes sobre todo en la abundacia de peces y corales. Tras una investigación realizada por la Universidad Autónoma de Baja California Sur, pobladores, investigadores y autoridades se reunieron para acordar el uso inteligente de los recursos del arrecife. Así el 6 de junio de 1995 el área fue incorporada al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas[4] sustituyéndose las actividades extractivas por ecoturísticas. En la actualidad, la mayoría de las actividades en el parque son de carácter acuático, principalmente buceo, que, practicado de forma controlada, provee una herramienta para la interpretación ambiental y una derrama económica significativa que mejora la calidad de vida de la localidad.



El uso del buceo como herramienta de investigación en ambientes marinos permite planear iniciativas de conservación y generar conocimiento acerca de la biodiversidad y las relaciones que guardan entre sí.

Foto: © Cristian M. Galván Villa

nozcan el lugar y se encarguen de mostrar todos los aspectos importantes del sitio.[6] La única restricción es que bajo el agua la comunicación es limitada, por lo que se deben realizar pláticas informativas previas o posteriores a la inmersión que pueden ser complementadas con materiales didácticos (folletos, paneles informativos, guías ilustrativas, videos o páginas web) con información de las condiciones físicas y la biodiversidad presente en los principales sitios para practicar turismo de buceo en México, generados a partir de los resultados de las investigaciones científicas.

La aplicación de estas herramientas como parte del buceo ecológico ha servido para mejorar la calidad de las actividades subacuáticas con el mínimo impacto en los ecosistemas naturales. Tal es el caso del Parque Nacional Isla San Andrés y las islas Old Providence y Santa Catalina en el Caribe colombiano, donde mediante el uso de guías de buceo ecológico se informa previamente a los visitantes sobre las características y condiciones de los sitios, reduciendo así las malas prácticas durante el buceo.[7] Aunque actualmente en las AMP de México no se desarrolla aún un buceo ecológico propiamente, por medio del Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas las actividades turísticas se enfocan en la importancia de conservar los ecosistemas marinos. Sin embargo, hace falta mucho trabajo en el desarrollo y evaluación de estas estrategias de conservación para determinar sus ventajas y desventajas. El uso de los materiales didácticos hace posible la interacción guía-turista, donde este último participa de forma activa en la conservación del lugar, sentando así las bases para la interpretación ambiental. Se espera que mediante estos materiales se puedan obtener mejoras en el comportamiento de los buzos recreativos y en la capacidad local de manejo, además de promover una cultura de conservación en la población local, visitantes y turistas de las AMP mediante del uso sostenible de sus recursos naturales.

Por otro lado, a partir de la contemplación y los datos científico es posible valorar y transmitir características naturales y culturales del entorno. Para esto es necesario concientizar a los operadores de buceo acerca de la importancia de las buenas prácticas en el desarrollo de sus actividades, ya que ellos son el primer contacto con los turistas. Eventualmente, esto se traducirá en beneficios para todos los involucrados y para los propios ecosistemas marinos.

Bibliografía

1 Mountain, A. 2007. *El manual del submarinista*. Badalona, Editorial Paidotribo.

2 Cesar, H., P. van Beukering y G. de Berdt-Romilly. 2003. *Case Study-Negril, Jamaica. Mainstreaming economic valuation in decision making: Coral reef examples in selected CARICOM countries*. Arnhem, ARCADIS-Euroconsult.

3 Carvajal García, M. 2006. "Marco legal de la práctica de las actividades subacuáticas", *Universitas Estudiantes Bogotá*: 61-88.

4 Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2012. "Áreas protegidas decretadas". México. CONANP. (Consultado: 22 de mayo de 2013, http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/).

5 Reyes Bonilla, H., M. Walther Mendoza y G. Ramírez Martínez. 2012. "Biodiversidad marina y turismo ecológico en áreas naturales protegidas de México", en A. Ivanova y R. Ibáñez (coords.), *Medio ambiente y política turística en México*. México, SEMARNAT, pp. 135-148.

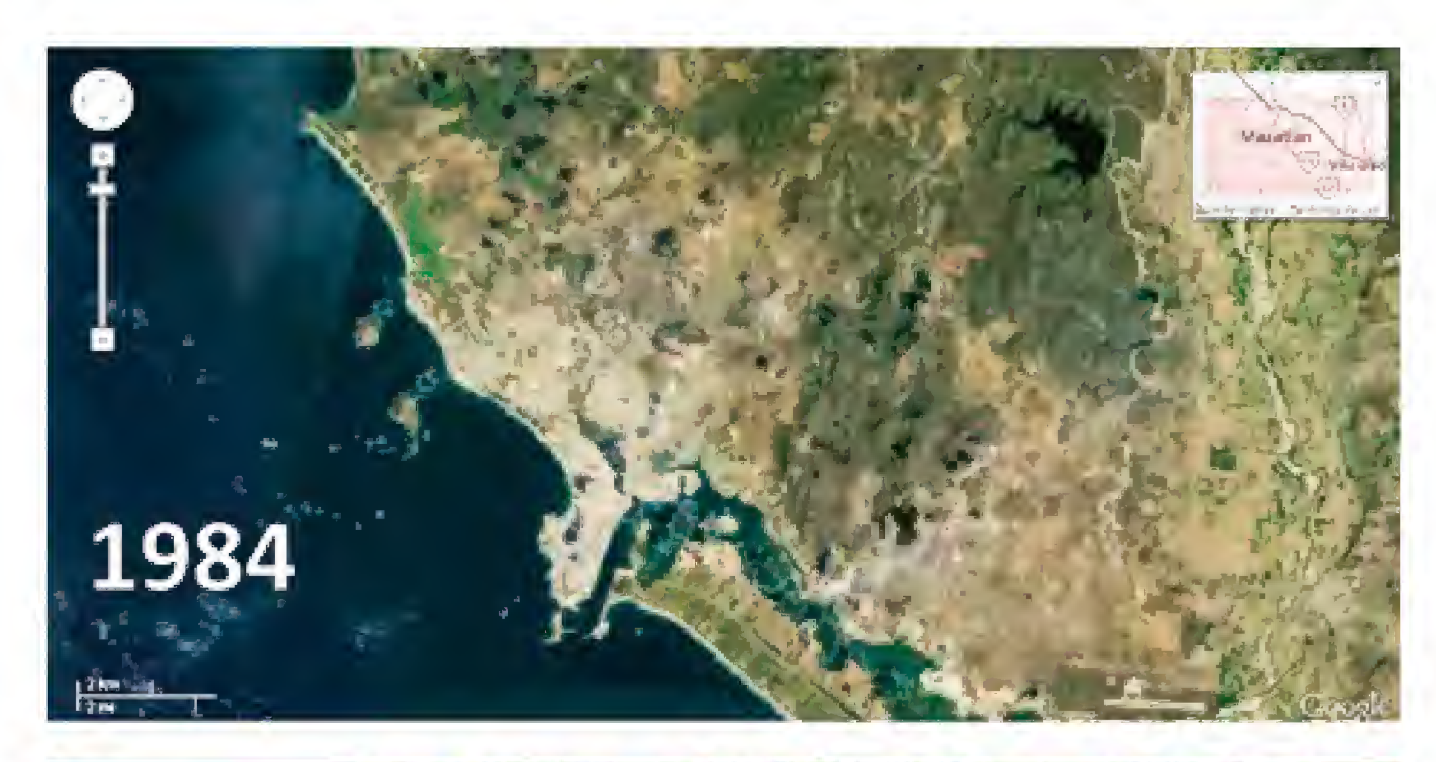
6 Cifuentes, M. 1992. *Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas*. San José, CATIE.

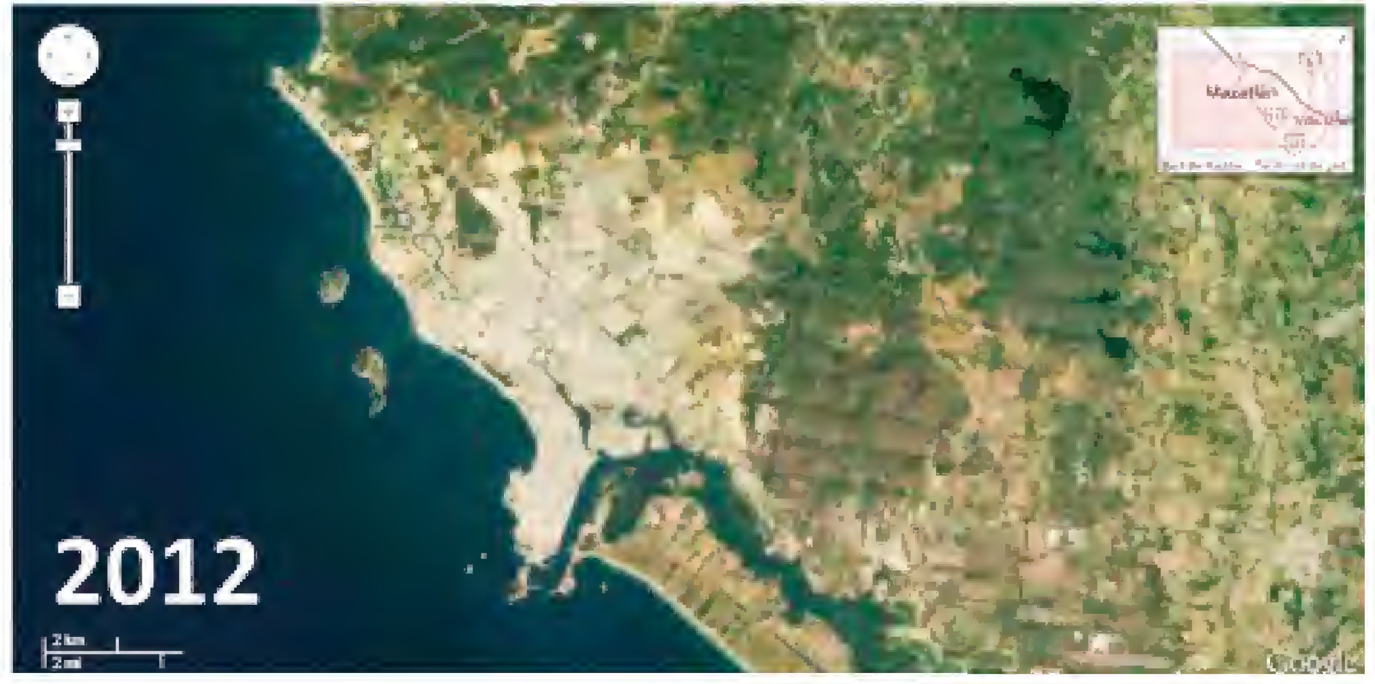
7 Vásquez B, G. Marquéz, M. E. Perez, F. Cabeza, J. Archbold, A. I. Marquéz, S. Posada y E. Taylor. *Diving Guide Old Providence & Santa Catalina Islands Western Caribbean*. Bogotá, ECOFONFO/Universidad Nacional de Colombia/CORALINA.

* Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura, Departamento de Ecología, CUCBA, Universidad de Guadalajara; gvc07765@cucba.udg.mx

ECOSISTEMAS EN TRANSFORMACIÓN:
del paisaje a los genes

OLIVIA MILLÁN AGUILAR[1], MARLENNE MANZANO SARABIA[1, 3,]
MIGUEL ÁNGEL HURTADO OLIVA[1], ALEJANDRO NETTEL-HERNANZ[2]





La herramienta *Timelapse* permite apreciar las transformaciones y el crecimiento poblacional 1984-2012.

© http://world.time.com/timelapse/

Los ecosistemas a nivel mundial se están transformando aceleradamente, como se puede advertir en *Timelapse*, una aplicación dinámica desarrollada por la revista *Time* y Google Inc., que utiliza imágenes satelitales del Programa Landsat de la Agencia Espacial Estadounidense (NASA, por sus siglas en inglés), la cual permite explorar la transformación del planeta durante el periodo comprendido entre 1984 y 2012 (http://world.time.com/timelapse/). El crecimiento poblacional y los fenómenos climáticos se encuentran entre los factores más importantes que han modificado la estructura de los ecosistemas marinos y terrestres. Dichas transformaciones pueden ser observadas en diferentes escalas, siendo recurrentes los estudios en el nivel de paisaje, cuyos cambios se abordan a través de una disciplina llamada *ecología del paisaje*, que fue definida como el estudio de toda la complejidad de relaciones causa-efecto que existen entre las comunidades de seres vivos y sus condiciones ambientales en una sección específica de paisaje.[1] Determinar la pérdida de hábitat, la fragmentación del paisaje, el deterioro de los bosques, selvas o humedales, son algunos retos a los cuales se ha enfrentado la comunidad científica. Para afrontarlos, los científicos han desarrollado herramientas innovadoras desde hace décadas, tales como técnicas aplicadas en la micro (genéticas, moleculares) y macroescala (satelitales). Así nace la *genética del paisaje*, disciplina a la que se le han adjudicado varias definiciones; la más común la describe como "una fusión de la genética de poblaciones y la ecología del paisaje",[2] lo que significa que por medio de ella se pueden evaluar cambios en la estructura genética de las poblaciones ocasionados por modificaciones en el paisaje. El origen de la *genética del paisaje* se remonta al siglo XIX cuando el botánico Augustin-Pyramus de Candolle (1778-1841) observó que los organismos siguen diferentes patrones de distribución a lo largo del paisaje por distintas causas, refiriéndose a diferentes fuerzas evolutivas y que hoy pueden ser explicadas dentro del panorama de la biogeografía ecológica y la genética;[2] este estudio es considerado como un parteaguas de esta disciplina y por primera vez se menciona el concepto de genética del paisaje. Al ser un engranaje de diferentes disciplinas, la genética del paisaje no es considerada una ciencia independiente, por lo cual no posee un marco metodológico propio, sino que se desarrolla con los métodos de las disciplinas que la sustentan, esto es, que combina procedimientos de genética de poblaciones, ecología del paisaje y análisis estadísticos (estadística espacial) para su interpretación.[3] Esta conjunción de conocimientos coadyuva en la comprensión y explicación de las modificaciones al paisaje y procesos microevolutivos como el *flujo génico*, la *selección natural* o la *deriva génica*.[4, 2]

Factores de cambios en el paisaje

El paisaje es un sistema dinámico en constante transformación causado por factores humanos y/o naturales. Los primeros parten de términos socioeconómicos, de la búsqueda de obtener beneficios a pesar de que dichas modificaciones afecten –de manera directa o indirecta– los bienes y servicios que provee el ecosistema. Entre ellos encontramos el desarrollo urbano a través de la construcción de infraestructura turística o industrial, cambios de uso de suelo por expansión de actividades agrícolas o acuícolas, deforestación, entre otras. Por otra parte, los diferentes procesos o fenómenos asociados a variaciones naturales pueden cambiar la conformación de los ecosistemas, como sucede con los huracanes. Uno de los procesos que afectan el paisaje y que puede tener como consecuencia una pérdida de diversidad genética es la fragmentación, es decir, la disgregación de la cobertura original que crea fragmentos dentro de un área determinada, donde la vulnerabilidad del ecosistema se encuentra en función con el nivel de fragmentación.[5] La fragmentación está relacionada con otro término empleado en la *genética del paisaje*: la conectividad, también llamada *conectividad ecológica*. Esta condición de los ecosistemas puede contrarrestar los efectos que ocasiona la fragmentación en los mismos, al fomentar el flujo génico y propiciar el mantenimiento de la biodiversidad por conectividad entre las poblaciones.

Cambios a nivel genético derivados de la transformación del paisaje

Las transformaciones en el paisaje afectan, por lo general, las poblaciones que lo conforman. Uno de los panoramas más frecuentes es la formación de barreras físicas que dan origen a la separación de los individuos, donde el principal efecto es la disminución de la migración entre las poblaciones que quedaron divididas. En una investigación reciente, se analizó la relación entre la dispersión de semilla del roble rojo (*Quercus castanea*) en la zona de Cuitzeo, Michoacán, y los procesos de fragmentación, donde se tomaron muestras de adultos (antes de dichos procesos) y juveniles (establecidos después) situados en diferentes fragmentos. En los resultados se observó una correlación positiva entre la diversidad genética y el tamaño de los fragmentos para el caso de las plántulas. Aquí, la dispersión de semillas junto con la conectividad han disminuido por la fragmentación, pudiendo afectar directamente la biodiversidad de los bosques y la disminución de la densidad de esta especie.[6] Bajo un escenario donde el aislamiento entre las poblaciones es muy fuerte (nulo flujo génico), pudiera darse un caso de especiación por aislamiento reproductivo. Las especies migratorias son las que se ven más afectadas por transformaciones en el paisaje. Un ejemplo en el océano es el de las tortugas marinas, ya

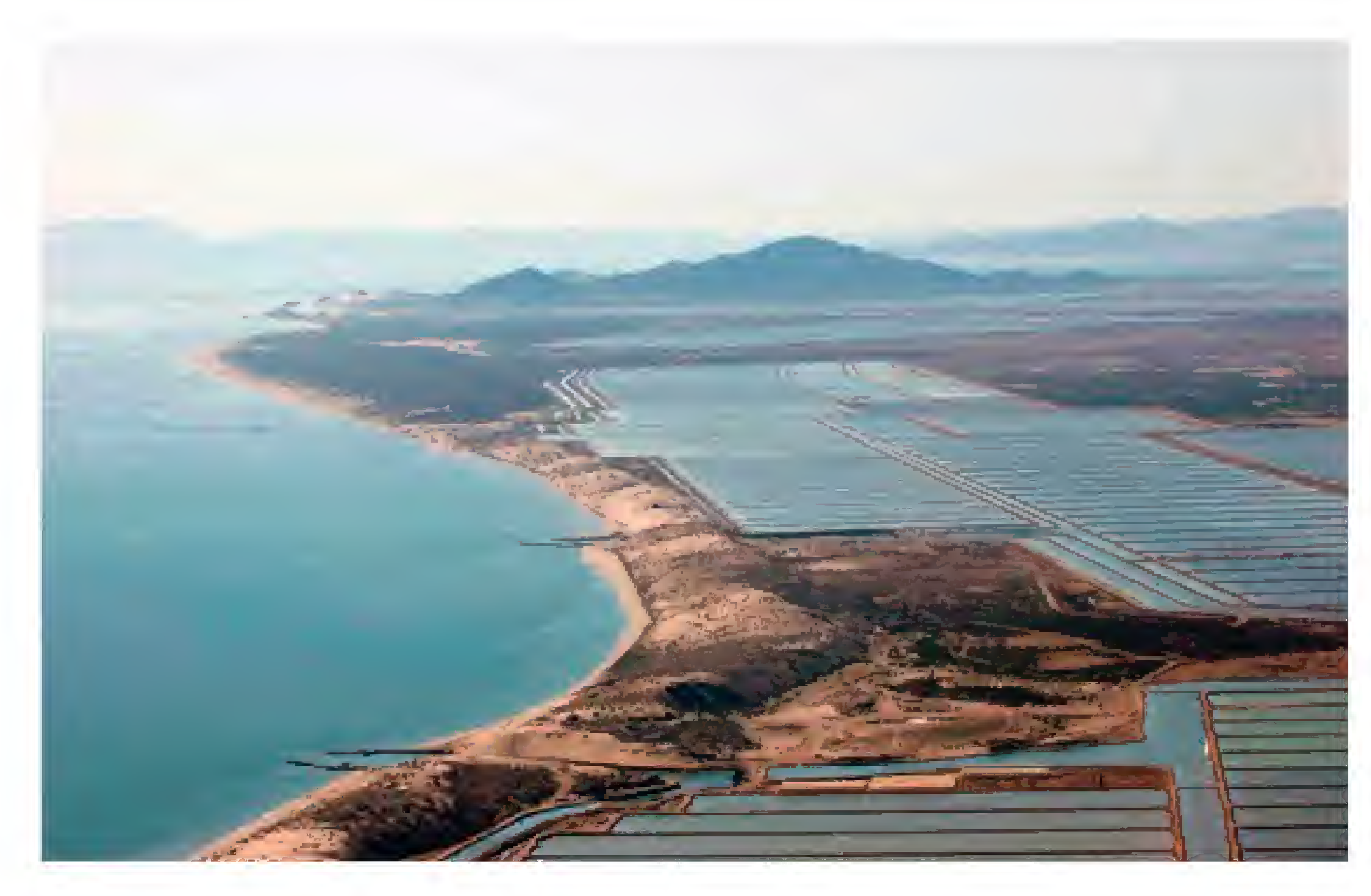




Transformaciones en el paisaje de Lázaro Cárdenas, Michoacán.

CAMBIOS EN EL NIVEL DE PAISAJE





Aspecto actual del paisaje de la costa de Bahía de Kino, Sonora, dominado por granjas camaroneras.

Foto: © cortesía del doctor José Alejandro Rodríguez Valencia[10]

que estos organismos presentan la particularidad de regresar a anidar a la misma playa donde nacieron (conducta conocida como *filopatría*), pero durante su ciclo de vida realizan grandes migraciones entre su lugar de nacimiento y los lugares de reproducción y alimentación. El establecimiento de barreras físicas (como cambios en las corrientes marinas) impediría que regresaran a su lugar de origen. Tras generaciones, por esta separación pueden llegar a formarse poblaciones diferentes a nivel genético, pese a que se sigue considerando la misma especie. Si el aislamiento permanece por el suficiente número de generaciones, pudiese darse incluso un evento de especiación. Existen muchos estudios que abordan la filogenia de las tortugas marinas alrededor del mundo. Uno en particular muestra una fuerte similitud entre poblaciones de tortuga verde del Atlántico y poblaciones del Mediterráneo, sugiriendo una separación histórica causada por cambios en la temperatura de los océanos.[7]

Una de las actividades con mayor impacto en las últimas décadas es la práctica de la acuicultura, donde la instalación de la infraestructura requerida para tal actividad ha dado origen a la fragmentación y deterioro de grandes extensiones de humedales, como es el caso de los manglares (para conocer la importancia ecológica y económica de los manglares, consúltese el artículo "El valor de los manglares").[8] La fragmentación y disminución de cobertura de estos ecosistemas conlleva a la pérdida de diversas especies por una reducción en la conectividad debido a la separación entre los fragmentos originados. Genéticamente, esta pérdida de conectividad se traduce como disminución de flujo génico. Estas poblaciones aisladas pueden sufrir la pérdida de variabilidad genética por efecto del azar (fenómeno conocido como *deriva génica*). La presión antropogénica a la que son sometidos los manglares en las costas mexicanas merma su condición de salud, pudiendo ser que las poblaciones se eliminen o disminuyan drásticamente su número y pasen por un evento de cuello de botella por el que, junto con la privación de calidad de los servicios ambientales que ofrecen, se pierda a su vez su diversidad genética y tengan que pasar muchas generaciones para ver su recuperación. Las áreas de manglar en México están reduciéndose (se estima que de 1981 a 2005 la superficie de manglar en el país disminuyó 82,218 hectáreas),[9] por lo que deben implementarse medidas que mitiguen los daños causados, y que dichas poblaciones puedan recuperarse.

Panorama actual y perspectivas

A la par del auge que han tenido las investigaciones sobre el cambio climático y sus repercusiones sobre los ecosistemas y su biodiversidad, se han podido resolver interrogantes sobre la genética y la ecología del paisaje, principalmente aquellas relacionadas con los cambios espacio-temporales de los ecosistemas y su relación con la diversidad genética de las poblaciones que los constituyen.

La ecología del paisaje y la genética del paisaje se han convertido en un apoyo fundamental en las áreas de la ecología y conservación de las especies. Bajo este enfoque, investigadores y estudiantes de posgrado de la Universidad Autónoma de Sinaloa, la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas con el apoyo de la Comisión Nacional para el Conocimien-

to y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), así como de investigadores de la agencia United States Geological Survey (USGS), están actualmente desarrollando diversos estudios en los ecosistemas de manglares a lo largo de la costa de Sinaloa, con el objetivo de analizar su estructura forestal, las tendencias de cambio en su cobertura, así como la respuesta de aquéllos ante la variabilidad climática. Con imágenes satelitales obtenidas en las últimas dos décadas se ha logrado observar la disminución en la extensión y condición de salud de los manglares en algunas regiones por diferentes procesos, entre los que destacan los de origen antropogénico (como la construcción de granjas acuícolas y la pérdida de fragmentos). En conjunto con el análisis de las métricas del paisaje, se han realizado también muestreos de individuos adultos y juveniles del mangle negro *Avicennia germinans*, para determinar si dichos cambios o modificaciones en el paisaje han tenido efecto en su diversidad genética. De confirmarse este escenario, se propondrán medidas emergentes que disminuyan estos efectos y permitan eventualmente su recuperación. Es importante que México, por medio de sus instituciones de educación superior y dependencias de gobierno, continúe con la monitorización del estado de conservación de los manglares, de los cuales dependemos por los diferentes bienes y servicios que proveen.

Glosario

Conectividad: métrica del paisaje directamente relacionada con la fragmentación; entre mayor fragmentado esté un ecosistema, menor conectividad habrá entre sus componentes, alterando su estructura y biodiversidad.

Deriva génica: fuerza microevolutiva que reduce la heterocigosidad por pérdida de alelos en una población. Este efecto de disminución de la diversidad es más grande en poblaciones pequeñas.

Ecología del paisaje: disciplina que a su vez engloba otras herramientas, como la geografía y la biología, necesarias para interpretar las interacciones entre el paisaje y los componentes que lo conforman.

Flujo génico: movimiento de genes o alelos de una población a otra, permitiendo su homogeneización genética, o diferenciación en caso de que no exista. La migración es la principal causa del flujo génico.

Genética poblacional: rama de la genética que describe cómo se distribuye la variabilidad genética (frecuencias alélicas) en el seno de una población o entre poblaciones.

Humedal: extensiones de superficies cubiertas de agua (como marismas, pantanos), de origen natural o artificial, temporales o permanentes, salobres o saladas, cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Convención de Ramsar, Irán, 1971).

Migración: en términos de genética poblacional, se refiere al intercambio de genes entre una población y otra, o dentro de la misma.

Selección natural: adaptación de individuos por fijación generacional de genes o alelos más favorables en una población.

Agradecimientos

Los autores agradecen los apoyos derivados de los proyectos PROFAPI-Universidad Autónoma de Sinaloa (2012/098; 2013/106), CONABIO LM004, a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas por el financiamiento recibido a través del Programa de Fortalecimiento a la Investigación, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por otorgar la beca número 202595 a O. Millán Aguilar para realizar la tesis doctoral.





Cambios en la línea de costa de Sonora en 1993 y 2011 debido al incremento en el número de granjas acuícolas.



1 Recolección de muestras de manglar



2 Extracción de ADN



3 Amplificación (PCR)



4 Cromatograma de resultados



5 Análisis de fragmentos de loci microsatelitales



6 Visualización del producto Amplificado en gel de agarosa (1%)

Metodología del análisis de fragmentos de microsatélites, desde la recolección de muestras hasta el análisis de resultados.

Bibliografía

[1] Ferrari I., A. Ferrarini. 2008. “From ecosystem ecology to landscape ecology: a progression calling for a well-founded research and appropriate disillusions”, *Landscape Online* 6:1-12.

[2] Manel S., M. K. Schwartz, G. Luikart y P. Taberlet. 2003. “Landscape genetics: combining landscape ecology and population genetics”, *Trends in Ecology & Evolution* 18:189-197.

[3] Holderegger R. y H. H. Wagner. 2008. “Land ahead: using genome scans to identify molecular markers of adaptive relevance”, *Plant Ecology and Diversity* 1:273-283.

[4] Holderegger R., D. Buehler, F. Gugerli y S. Manel. 2010. “Landscape genetics of plants”, *Trends in Plants Science* 15:675-683.

[5] Hobbs, R. J. y A. M. Wilson. 1998. “Corridors: Theory, Practice and Achievement of Conservation. Objectives” en J. W. Dover y R. G. H. Bunce (eds.), *Key Concepts in Landscape Ecology*, Preston, IALE, pp. 265-279.

[6] Herrera Arroyo M. L., V. L. Sork, A. González Rodríguez, V. Rocha Ramírez, E. Vega y K. Oyama. 2013. “Seed-mediated connectivity among fragmented populations of *Quercus castanea* (Fagaceae) in a Mexican landscape”, *American Journal of Botany* 100(8):1663-1671.

[7] Bowen B. W., A. B. Meylan, J. P. Ross, C. J. Limpus, G. H. Balazs, J. C. Avise. 1992. “Global population structure and natural history of the green turtle (*Chelonia mydas*) in terms of matriarchal phylogeny”, *Evolution* 46:865-881.

[8] Calderón, C., O. Aburto, E. Ezcurra. 2009. “El valor de los manglares”, *Biodiversitas* 82:1-6.

[9] Rodríguez Zúñiga M. T., C. Troche Souza, A. D. Vázquez Lule, J. D. Márquez Mendoza, B. Vázquez Balderas, L. Valderrama Landeros, S. Velázquez Salazar, A. Uribe Martínez, J. Acosta Velázquez, J. Díaz Gallegos, M. I. Cruz López y R. Ressl. 2012. *Los manglares de México: estado actual y establecimiento de un programa de monitoreo a largo plazo: segunda y tercera etapas. Informe final SNIB-CONABIO proyecto no. GQ004*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

[10] Rodríguez Valencia, J. A., D. Crespo y M. López Camacho. 2010. La camaronicultura y la sustentabilidad del Golfo de California. Disponible en http://www.wwf.org.mx.

[1] Laboratorio de Ecosistemas y Variabilidad Climática. Posgrado en Ciencias en Recursos Acuáticos. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa.

[2] Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

[3] Autor para correspondencia: mmanzano@uas.edu.mx

Aves de las lagunas costeras de Oaxaca, México
Guía fotográfica de aves acuáticas y rapaces

En la zona de la Costa oaxaqueña sobresalen dos grupos de aves: las acuáticas y las rapaces. La composición de especies de ambos grupos es cambiante, tanto por el desarrollo de los individuos como por la variabilidad que existe entre ellas. Conocer esa variación es un paso fundamental para entender de qué especies se trata y cuál es su estado de desarrollo. Las 133 especies incluidas en *Aves de las lagunas costeras de Oaxaca, México* representan la variación de las distintas especialidades, la extrema compatibilidad que tienen con los distintos niveles de agua y las densidades de presas en los cuerpos de agua durante el año. Esa variación, en ocasiones extrema, es una de las razones por las que muchas especies de aves se ausentan de la región o de sitios particulares en ella durante periodos diversos.

El objetivo de este libro es presentar una guía cuidadosa para la identificación de las especies de aves de la región costera. Los autores dedicaron varios años a la recopilación de información y registros fotográficos y a la planeación de un formato accesible y confiable. La guía incluye imágenes y datos de alta calidad, como temporalidad, uso de hábitat y recursos, comportamiento, desarrollo. Sin duda, esta obra representa un punto crucial para el desarrollo de las comunidades locales y la conservación de las aves y sus hábitats.



La misión de la CONABIO es promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica, así como a su conservación y uso sustentable para beneficio de la sociedad.

Sigue las actividades de CONABIO a través de las redes sociales.


Biodiversitas es de distribución gratuita. Prohibida su venta.

Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor: 04-2013-060514223800-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13288. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 10861.

EDITOR RESPONSABLE:	Fulvio Eccardi Ambrosi
DISEÑO:	Tools Soluciones
CUIDADO DE LA EDICIÓN:	Adriana Cataño y Leticia Mendoza
PRODUCCIÓN:	Gaia Editores, S.A. de C.V.
IMPRESIÓN:	Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V.

fulvioeccardi@gmail.com • biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan 14010 México, D.F.
Tel. 5004-5000, www.conabio.gob.mx Distribución: nosotros mismos